

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-143361

(43)Date of publication of application : 02.06.1995

(51)Int.Cl.

H04N 5/208

(21)Application number : 05-341139

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 19.11.1993

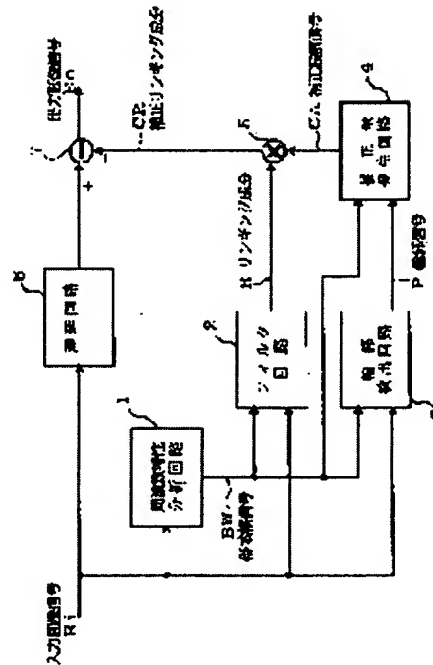
(72)Inventor : ASHIBE MINORU

(54) RINGING ELIMINATING DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide the ringing eliminating device which can eliminate effectively ringing even if a cut-off frequency of an input image signal is unknown.

CONSTITUTION: By a frequency characteristic analyzing circuit 1, a frequency characteristic of an input image signal E_i is analyzed and its signal band width BW is measured. A repeat period of ringing roughly coincides with a cut-off frequency of the input image signal, therefore, by adjusting the frequency characteristic of a filter circuit 2 in accordance with the measured band width BW , a ringing component R is extracted. By using the band width BW , a contour signal P for showing a contour part of the input image signal E_i is generated by a contour detecting circuit 3. Since ringing is conspicuous in a peripheral part of a contour, a correction amount CA in the peripheral part of the contour is generated, based on the contour signal P . By its correction amount CA , the ringing component R is corrected, and the correction ringing component CR is eliminated from the input image signal E_i delayed for the purpose of phase matching.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 29.03.1994

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 20.08.1996

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 2626536

[Date of registration] 11.04.1997

[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 08-16253

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 19.09.1996

BEST AVAILABLE COPY

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-143361

(13)公開日 平成7年(1995)6月2日

(51)Int.Cl.

H04N 5/208

識別記号

庁内整理番号

P I

技術表示箇所

審査請求 有 請求項の数11 F D (全 12 頁)

(21)出願番号 特願平5-341139

(22)出願日 平成5年(1993)11月19日

(71)出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72)発明者 芦部 稔

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

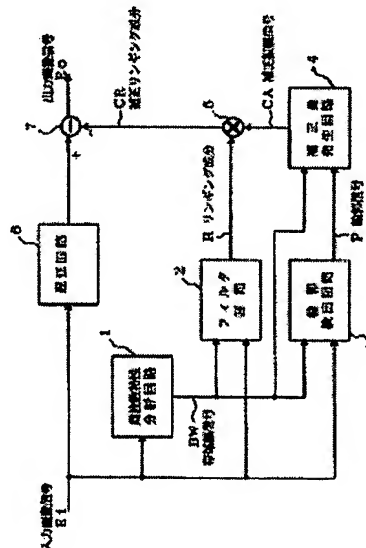
(74)代理人 弁理士 桂木 雄二

(54)【発明の名称】 リンギング除去装置

(57)【要約】

【目的】 入力画像信号の遮断周波数が未知であってもリンギングを効果的に除去することができるリンギング除去装置を提供する。

【構成】 周波数特性分析回路1によって、入力画像信号E1の周波数特性を分析しその信号帯域幅BWを測定する。リンギングの繰り返し周期は入力画像信号の遮断周波数にほぼ一致するから、測定された帯域幅BWに従ってフィルタ回路2の周波数特性を調整しリンギング成分Rを抽出する。帯域幅BWを用いて輪郭検出回路3により入力画像信号E1の輪郭部を示す輪郭信号Pを生成する。リンギングは輪郭の周辺部で目立ち易いことから、輪郭信号Pに基づいて輪郭周辺部の補正量CAを生成する。その補正量CAによってリンギング成分Rを補正し、位相整合のために遅延させた入力画像信号E1から補正リンギング成分CRを除去する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 入力画像信号からリングングを除去するリングング除去装置において、前記入力画像信号の帯域幅を検出する帯域幅検出手段と、前記帯域幅に応じて周波数特性を変化させ、前記入力画像信号からリングング成分を抽出するフィルタ手段と、前記入力画像信号の輪郭部を表す輪郭信号を検出する輪郭検出手段と、前記輪郭信号に基づいて前記輪郭の周辺部の補正量を生成する補正量生成手段と、前記リングング成分を前記輪郭周辺部の補正量に基づいて補正し、前記入力画像信号から前記補正リングング成分を除去する除去手段と、からなることを特徴とするリングング除去装置。

【請求項 2】 前記帯域幅検出手段は、前記入力画像信号を複数の周波数成分に変換する周波数変換回路と、前記周波数成分の各々を所定期間累積する累積回路と、前記周波数成分の所定値以上の累積値を有する周波数のうち最大周波数を前記帯域幅として検出する最大周波数検出回路と、からなることを特徴とする請求項 1 記載のリングング除去装置。

【請求項 3】 前記帯域幅検出手段は、検出帯域の異なる複数の帯域幅検出回路と、前記入力画像信号の信号源に従って、前記複数の帯域幅検出回路から 1 つを選択する選択手段と、からなることを特徴とする請求項 1 記載のリングング除去装置。

【請求項 4】 前記複数の帯域幅検出回路の各々は、前記入力画像信号を複数の周波数成分に変換する周波数変換回路と、前記周波数成分の各々を所定期間累積する累積回路と、前記周波数成分の所定値以上の累積値を有する周波数のうち最大周波数を前記帯域幅として検出する最大周波数検出回路と、からなることを特徴とする請求項 3 記載のリングング除去装置。

【請求項 5】 前記フィルタ手段はデジタルフィルタであり、前記帯域幅に従ってフィルタ係数の組を選択する係数選択回路を有することを特徴とする請求項 1 ないし請求項 4 のいずれかに記載のリングング除去装置。

【請求項 6】 前記輪郭検出手段は、前記入力画像信号を 1 画素ずつ遅延させる直列接続された複数の遅延回路と、前記帯域幅に従って、前記複数の遅延回路の各遅延出力のうちの 1 出力を選択する選択回路と、前記入力画像信号と前記選択された遅延出力との差分を演算する差分回路と、

からなることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 5 のいずれかに記載のリングング除去装置。

【請求項 7】 前記輪郭検出手段は、前記フィルタ手段からの前記リングング成分を入力し、そのゼロクロス点を抽出して前記輪郭信号を生成することを特徴とする請求項 1 ないし請求項 5 のいずれかに記載のリングング除去装置。

【請求項 8】 前記補正量生成手段は、前記帯域幅に従って遮断周波数を変化させることができ、前記輪郭信号から低域成分を抽出する可変低域通過型フィルタと、前記輪郭信号から輪郭部のみを抽出する輪郭抽出回路と、

前記可変低域通過型フィルタのフィルタ出力から前記輪郭部分を除去して前記輪郭周辺部の補正量を生成する補正量生成回路と、からなることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 7 のいずれかに記載のリングング除去装置。

【請求項 9】 前記除去手段は、前記リングング成分と前記輪郭周辺部の補正量とを乗算して前記補正リングング成分を生成する乗算回路と、前記入力画像信号から前記補正リングング成分を差し引く減算回路と、

からなることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 8 のいずれかに記載のリングング除去装置。

【請求項 10】 前記減算回路で差し引かれる前記入力画像信号は、前記補正リングング成分との位相を整合させるために遅延されていることを特徴とする請求項 9 記載のリングング除去装置。

【請求項 11】 入力画像信号からリングングを除去するリングング除去装置において、前記入力画像信号の帯域幅を検出する帯域幅検出手段と、

前記帯域幅に応じて周波数特性を変化させ、前記入力画像信号からリングング成分を抽出するフィルタ手段と、前記入力画像信号の輪郭部を表す輪郭信号を検出する輪郭検出手段と、前記輪郭信号に基づいて前記輪郭の周辺部の減衰量を生成する減衰量生成手段と、前記リングング成分と前記輪郭周辺部の減衰量とを乗算し、補正リングング成分を生成する乗算手段と、前記入力画像信号から前記リングング成分を減算した結果と前記補正リングング成分とを加算する加算手段と、からなることを特徴とするリングング除去装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は画像を高画質化するための画像信号処理装置に係り、特に画像信号に含まれるリングング成分を除去するリングング除去装置に関する。

【0002】

【従来の技術】画像信号に既に含まれているリングング成分を除去する技術としては、特開平4-83477号公報に開示された輪郭強調回路がある。この技術は本来画像信号の輪郭強調に関するものであるが、リングング成分を除去する作用効果も有している。

【0003】図10は上記公報に開示された回路構成を示す概略的ブロック図である。同図において、輪郭抽出回路1001は一時差分を基本とした技術により入力画像信号Eiから輪郭部を抽出する。それを入力して利得制御信号生成回路1002は、画像を輪郭部と輪郭周辺部とその他の部分とに分類し、この分類に応じた値を有する利得制御信号を生成する。ここで、輪郭周辺部の利得制御信号は負の値に設定される。

【0004】他方、入力画像信号Eiは輪郭強調成分抽出回路1003に入力し、遮断周波数近傍の信号成分が抽出される。この信号成分と利得制御信号とが乗算器1004によって乗算され、その結果が加算器1005によって入力画像信号Eiに加算されて出力画像信号Eoが得られる。

【0005】輪郭周辺部の利得制御信号は負の値に設定されているために、リングングとなる遮断周波数近傍の信号成分は輪郭周辺部でのみ減衰し、リングング成分が除去された出力画像信号Eoが得られる。

【0006】【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来の技術では、輪郭強調成分抽出回路1003が遮断周波数近傍の信号成分を通過させるフィルタ機能を必要とするために、入力画像信号Eiの遮断周波数が未知の場合には効果的にリングングを除去することができないという問題を有していた。例えば、特性が未知の伝送路を通して画像信号を伝送する場合に、効果的なリングング除去を行うことができない。

【0007】本発明の目的は、入力画像信号の遮断周波数が未知であってもリングングを効果的に除去することができるリングング除去装置を提供することにある。

【0008】【課題を解決するための手段】本発明によるリングング除去装置は、入力画像信号の帯域幅を検出する帯域幅検出手段と、帯域幅に応じて周波数特性を変化させ入力画像信号からリングング成分を抽出するフィルタ手段と、入力画像信号の輪郭部を表す輪郭信号を検出する輪郭検出手段と、輪郭信号に基づいて輪郭周辺部の補正量を生成する補正量生成手段と、リングング成分を輪郭周辺部の補正量によって補正し入力画像信号から補正されたリングング成分を除去する除去手段と、からなることを特徴とする。

【0009】【作用】帯域幅検出手段によって、入力画像信号の周波数特性を分析しその信号帯域幅を測定する。リングングの繰り返し周期は入力画像信号の遮断周波数にほぼ一致

するから、測定された帯域幅に従って周波数特性を調整したフィルタ手段によりリングング成分を抽出することができる。リングングは輪郭の周辺部で目立ち易いことから、輪郭信号に基づいて輪郭周辺部の補正量を生成し、その補正量によってリングング成分を補正して入力画像信号から除去する。

【0010】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面を参照しながら詳細に説明する。

【0011】図1は、本発明によるリングング除去装置の第1実施例を示すブロック図である。同図において、入力画像信号Eiは、周波数特性分析回路1、フィルタ回路2、及び輪郭検出回路3にそれぞれ入力する。周波数特性分析回路1は入力画像信号Eiの信号帯域幅を測定して帯域幅信号BWを生成し、フィルタ回路2及び輪郭検出回路3へ出力する。

【0012】フィルタ回路2は、入力画像信号Eiに対して帯域幅信号BWが示す周波数近傍の信号成分を抽出し、リングング成分Rとして出力する。また、輪郭検出回路3は、帯域幅信号BWに基づいて入力画像信号Eiの1次差分を求め、これを輪郭信号Pとして補正量発生回路4へ出力する。

【0013】補正量発生回路4は、帯域幅信号BW及び輪郭信号Pを入力し、輪郭信号Pに基づいて輪郭の周辺部で値が大きくなる補正振幅信号CAを生成する。乗算器5は、フィルタ回路2からのリングング成分Rと補正量発生回路4からの補正振幅信号CAとを乗算して補正リングング成分CRを生成する。

【0014】他方、入力画像信号Eiは遅延回路6によって必要な遅延を与えられるが、この遅延時間は、上記処理によって入力画像信号Eiから補正リングング成分CRが生成されるまでの経過時間に対応している。

【0015】減算器7は、遅延回路6によって遅延された画像信号から補正リングング成分CRを差し引き、リングング成分が除去された出力画像信号Eoを出力する。

【0016】次に、上記各回路の詳細な構成例を示す。

【0017】図2は、本実施例における周波数特性分析回路1の構成の一例を示すブロック図である。周波数特性分析回路1は、周波数変換を行う変換回路101と、周波数成分毎の累積を行う積分回路102と、所定値以上の累積値を有する成分のうち最大周波数を検出して帯域幅信号BWを出力する最大周波数検出回路103と、から構成される。

【0018】入力画像信号Eiは変換回路101によって例えばフーリエ変換により周波数変換され、積分回路102へ送出される。積分回路102では、例えば1画面分の各周波数成分が各々累積され、最大周波数検出回路103へ送出される。最大周波数検出回路103では、所定値以上の累積値を有する周波数成分のうち最大

の周波数を帯域幅信号BWとして出力する。

【0019】図3は、本実施例におけるフィルタ回路2の構成の一例を示すブロック図である。フィルタ回路2は帯域幅信号BWが示す周波数近傍の信号成分を入力画像信号E_iから抽出するフィルタであり、公知の技術により実現できるが、ここでは一例として7タップの対称型FIRフィルタを説明する。

【0020】同図において、入力画像信号E_iは直列接続された6個の遅延回路201～206に順次入力し、各遅延回路で1クロック（ここでは1画素）ずつ遅延される。遅延回路201～206から各々出力される信号をz-1、z-2、z-3、z-4、z-5、z-6とする。

【0021】7タップ対称型FIRフィルタの場合には、3画素遅延させた信号、即ち遅延回路203からの出力信号z-3を中心として、前後対称に同じフィルタ係数が乗じられる。従って、乗算の回数を減らすために、同じフィルタ係数が乗じられる信号値を予め加算器207～209で各々加算しておき、乗算器210～212によってそれら加算結果にフィルタ係数α1～α3を各々乗じる。中心となる遅延回路203の信号z-3は乗算器213でフィルタ係数α0が乗じられる。各フィルタ係数が乗じられた信号は、加算器214で加算され、その結果をリング成分Rとして出力する。即ち、リング成分Rは次式で表現される。

$$\begin{aligned} \text{【0022】 } R = & \alpha 0 z^{-3} + \alpha 1 (z^{-2} + z^{-4}) + \alpha 2 \\ & (z^{-1} + z^{-5}) + \alpha 3 (1 + z^{-6}) \end{aligned}$$

【0023】フィルタ係数α0～α3は係数選択回路215から出力される。係数選択回路215は、例えば予め複数の係数値を有しており、その中から帯域幅信号BWの値に従って1組の係数値を選択し、フィルタ係数α0～α3として出力する。

【0024】図4は、本実施例における輪郭検出回路3の構成の一例を示すブロック図である。輪郭検出回路3は、帯域幅信号BWに基づいて入力画像信号E_iの1次差分を求め、これを輪郭信号Pとして出力する。

【0025】同図において、入力画像信号E_iは直列接続された複数の遅延回路301～303に順次入力し、各遅延回路において1画素分の遅延が与えられ、それら遅延回路の遅延出力は全て選択回路304に入力する。

【0026】選択回路304は、帯域幅信号BWに基づき、帯域幅が狭いほど遅延量の少ない遅延出力を選択するという選択基準で、遅延回路301～303の遅延出力信号の中から1つの信号を選択し、差分回路305へ出力する。なお、遅延量を選択する際に予めオーバーサンプリングしておくことで、選択精度を向上させることができる。

【0027】差分回路305では、選択回路304で選択された遅延出力信号が入力画像信号E_iから差し引かれ、帯域幅信号BWに応じた1次差分信号が得られる。この1次差分信号は帯域幅信号BWにより遅延量異なる

っているために、遅延調整回路306において遅延量が調整され、最後に絶対値回路307で絶対値処理されて輪郭信号Pが得られる（図5の（a）及び（b）を参照）。

【0028】図5は、本実施例における補正量発生回路4の構成の一例を示すブロック図である。補正量発生回路4は、帯域幅信号BWによって遮断周波数を変化させることができる可変低域通過型フィルタ回路（以下、単にLPFという。）401、輪郭部のみを抽出するためのクリップ回路402、輪郭周辺部を取り出すための減算器403、及びクリップ回路404から構成され、輪郭信号Pに基づいて輪郭の周辺部で値が大きくなる補正振幅信号CAを生成する。

【0029】同図において、輪郭信号PはLPF401及びクリップ回路402に入力する。LPF401は帯域幅信号BWに従って遮断周波数を変化させ、そのフィルタ出力LPを減算器403へ出力する。クリップ回路402は、輪郭信号Pから所定の値を差し引き、負の値をゼロにクリップしたクリップ出力CLPを減算器403へ出力する。減算器403においてフィルタ出力LPからクリップ出力CLPが差し引かれ、その結果が負の場合にはクリップ回路404においてゼロにクリップされ、補正振幅信号CAとして出力される。なお、クリップ回路404は負の値をゼロにクリップするだけでなく、正の上限値を設けてもよい。

【0030】図6は、補正量発生回路4の具体的な動作を説明するための信号波形図である。同図（a）に示すようなリング成分を含む入力画像信号E_iが入力し、輪郭検出回路3により輪郭信号P（同図（b））が生成されたとする。この輪郭信号PがLPF401に入力することで、帯域幅信号BWに従った遮断周波数により同図

（c）に示すようなフィルタ出力LPが得られる。同時に、輪郭信号Pがクリップ回路402に入力し、所定値が差し引かれ、負の値がゼロにクリップされて同図（d）に示すようなクリップ出力CLPが得られる。そして、フィルタ出力LPからクリップ出力CLPを差し引き、負の値をゼロにクリップすることで、同図（e）に示すような輪郭周辺部の補正振幅信号CAが得られる。

【0031】こうして得られた補正振幅信号CAは、図1に示すように、乗算器5によってリング成分Rと乗算されて補正リング成分CRとなる。補正リング成分CRは、補正振幅信号CAが図6（e）に示すように輪郭周辺部で増大しているから、入力画像信号E_iに含まれるリング成分に近似した波形となる。この補正リング成分CRが減算器7によって遅延回路6により遅延された入力画像信号E_iから差し引かれる。

【0032】以上の処理により、輪郭周辺部に発生しているリング成分は、入力画像信号E_iから効果的に除去され、リングのない高画質の出力画像信号E_o

を得ることができる。

【0033】本発明は、図1に示す第1実施例に限るものではなく、次に示す他の構成によっても実施することができる。

【0034】図7は、本発明によるリングング除去装置の第2実施例を示すブロック図である。本実施例において、周波数特性分析回路1、フィルタ回路2、及び補正重発生回路4は図1に示す第1実施例と同一回路である。

【0035】フィルタ回路2から出力されるリングング成分Rは、増幅回路701及び遅延回路702に入力する。増幅回路701は、リングング成分Rのゼロクロス点を増幅信号P1として抽出し、補正重発生回路4へ出力する。補正重発生回路4は、帯域幅信号BW及び増幅信号P1を入力し、第1実施例と同様に補正振幅信号CA1を生成する。

【0036】遅延回路702はリングング成分Rを遅延させて、乗算器5の他方の入力である補正振幅信号CA1と位相調整を行う。乗算器5においてリングング成分Rと補正振幅信号CA1とが乗算され、補正リングング成分CR1が生成される。

【0037】他方、入力画像信号E1は遅延回路703によって必要な遅延を与えられるが、この遅延時間は、上記処理によって入力画像信号E1から補正リングング成分CR1が生成されるまでの経過時間に対応している。減算器7は、遅延回路703によって遅延された入力画像信号E1から補正リングング成分CR1を差し引き、第1実施例と同様にリングング成分が効果的に除去された出力画像信号E0を出力する。

【0038】図8は、本発明によるリングング除去装置の第3実施例を示すブロック図である。本実施例は、図1の第1実施例と等価であり、回路構成が変更されただけである。即ち、本実施例において、周波数特性分析回路1、フィルタ回路2、及び増幅回路3が第1実施例と同一であり、第1実施例の補正重発生回路4を減衰重発生回路801に変更して補正振幅信号CAの代わりに減衰信号ATTを用いた点で異なっている。

【0039】減衰重発生回路801は、増幅信号P及び帯域幅信号BWを入力し、減衰信号ATTを生成するが、減衰信号ATTと第1実施例の補正振幅信号CAとの間には、 $ATT = 1 - CA$

の関係がある。従って、減衰信号ATTは、図6(e)の波形とは逆に、増幅の周辺部で小さな値となる。

【0040】減衰信号ATTとリングング成分Rとは乗算器5において乗算され、加算器804の一方の入力となる。また、遅延回路802はフィルタ回路2での遅延量に相当する時間だけ入力画像信号E1を遅延させ、減算器803で遅延させた入力画像信号E1からリン

グ成分Rを差し引き、加算器804の他方の入力となる。こうして、加算器804からの出力は、第1実施例と同様に、リングング成分が効果的に除去された出力画像信号E0となる。

【0041】上記各実施例における周波数特性分析回路1は、図9に示す構成のものを用いてもよい。この周波数特性分析回路1は周波数帯域の異なる複数の分析回路104~106を有し、外部からの選択信号に基づいて切替器107及び選択回路108を動作させ、適切な分析回路を選択する。分析回路104~106の基本的構成は図2に示すものと同一でよい。

【0042】このように複数の分析回路104~106を設けることで、異なる周波数帯域制限を受けた複数の信号源からの画像信号を入力して各々の帯域幅信号BWを生成し、それぞれの入力画像信号に対して効果的なリングング除去を行うことができる。

【0043】なお、上記各実施例では画像の水平方向のリングング除去について説明したが、本発明は垂直方向についても同様に適用できる。

【0044】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、本発明によるリングング除去装置は、入力画像信号の周波数分析を行い、その分析結果に基づいてリングング成分と増幅信号とを抽出し、それらを差にして増幅周辺部のリングング除去を行うために、入力画像信号の逆断周波数が未知の場合であっても効果的にリングング除去を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるリングング除去装置の第1実施例を示すブロック図である。

【図2】本実施例における周波数特性分析回路1の構成の一例を示すブロック図である。

【図3】本実施例におけるフィルタ回路2の構成の一例を示すブロック図である。

【図4】本実施例における増幅回路3の構成の一例を示すブロック図である。

【図5】本実施例における補正重発生回路4の構成の一例を示すブロック図である。

【図6】補正重発生回路4の具体的な動作を説明するための信号波形図である。

【図7】本発明によるリングング除去装置の第2実施例を示すブロック図である。

【図8】本発明によるリングング除去装置の第3実施例を示すブロック図である。

【図9】周波数特性分析回路1の他の構成例を示すブロック図である。

【図10】従来のリングング除去装置の一例を示す概略的ブロック図である。

【符号の説明】

1 周波数特性分析回路

2 フィルタ回路
3 検波検出回路
4 補正量発生回路
5 乗算器
6 遅延回路
7 減算器
101 周波数変換回路
102 積分回路
103 最大周波数検出回路
201~206 遅延回路
207~209 加算器
210~213 乗算器
214 加算器
215 係数選択回路

301~303 遅延回路
304 選択回路
305 差分回路
306 遅延調整回路
307 絶対値回路
401 低通遅延型フィルタ回路
402 クリップ回路
403 減算器
404 クリップ回路
701 検波回路
702 遅延回路
703 遅延回路
801 減衰量発生回路

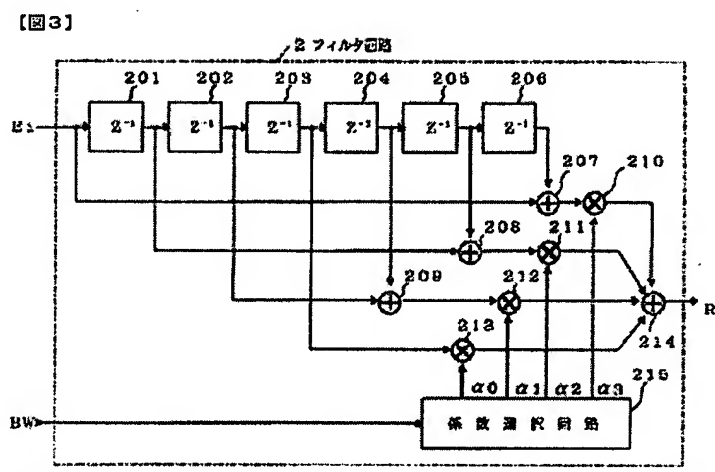


図 1

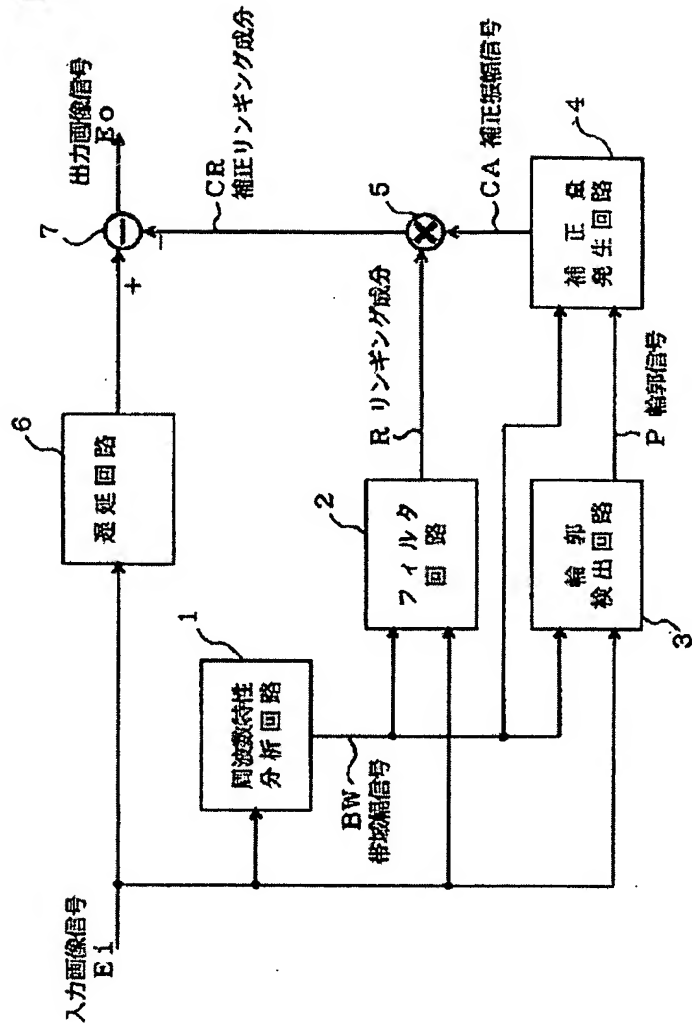


图 2)

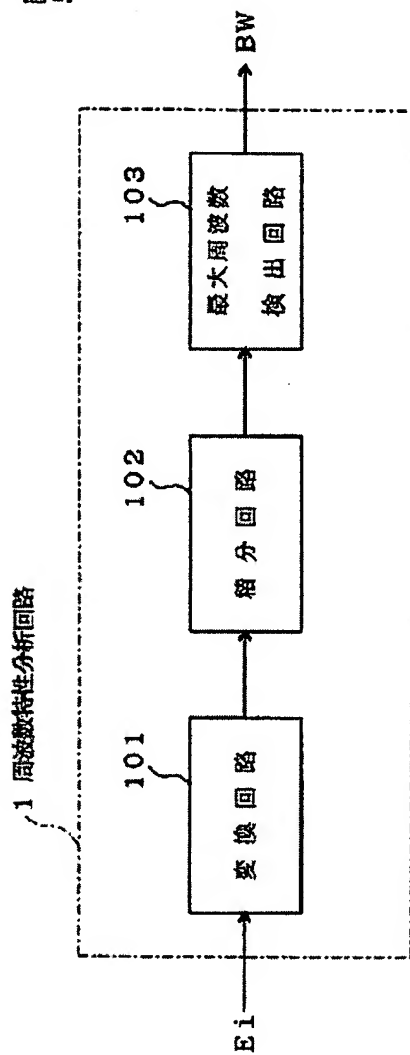
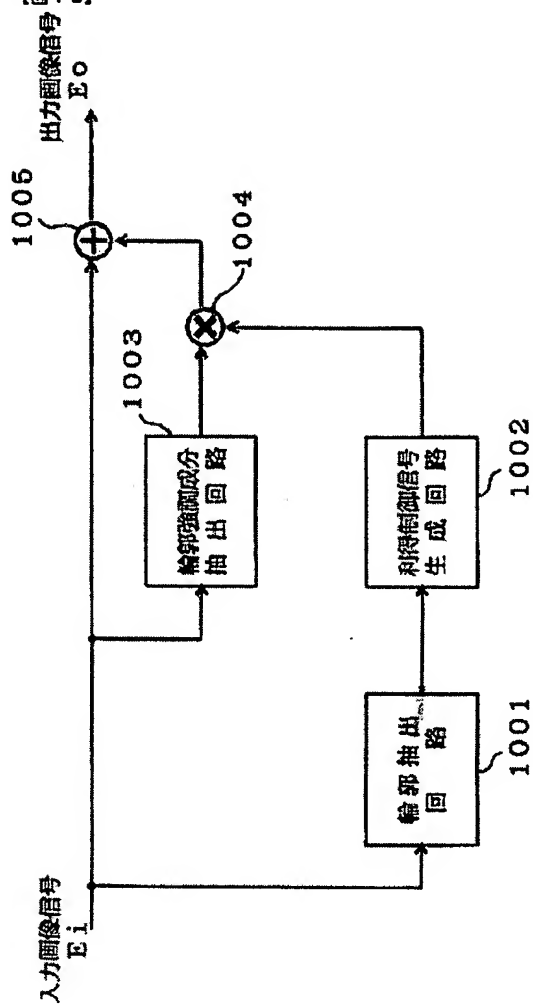
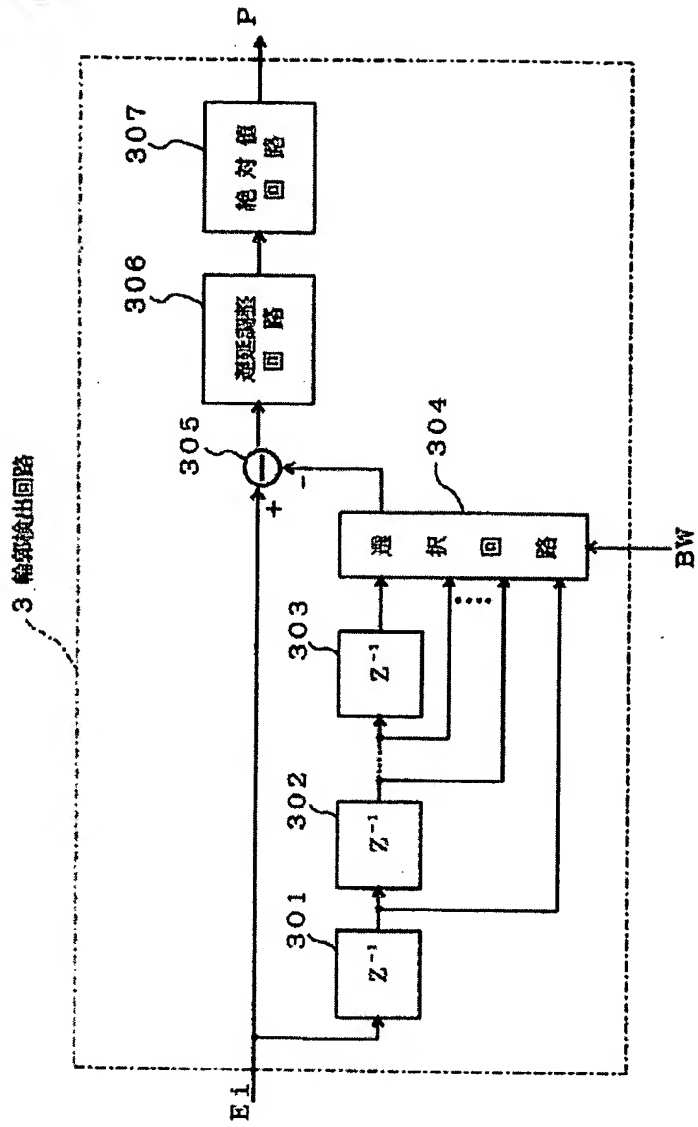


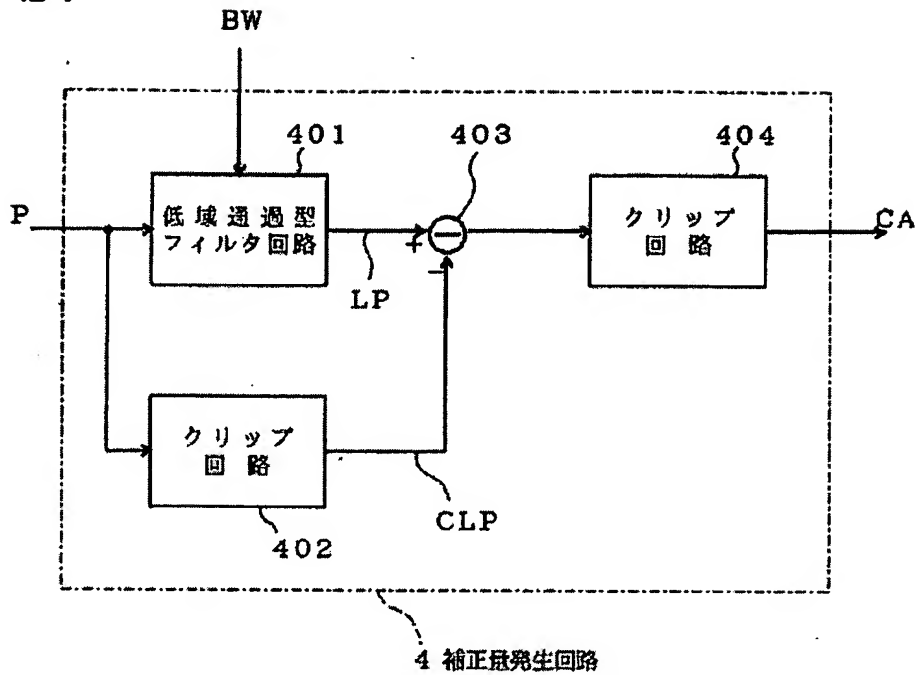
图 3)



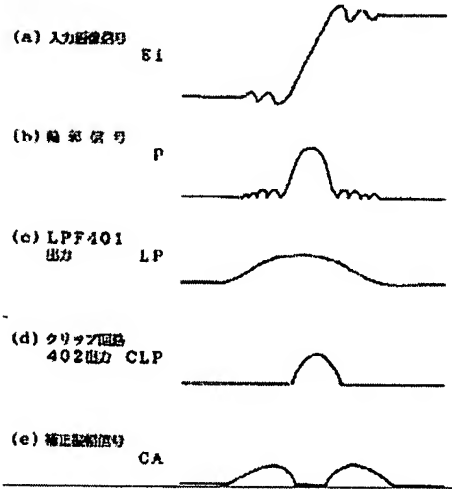
【図 4】



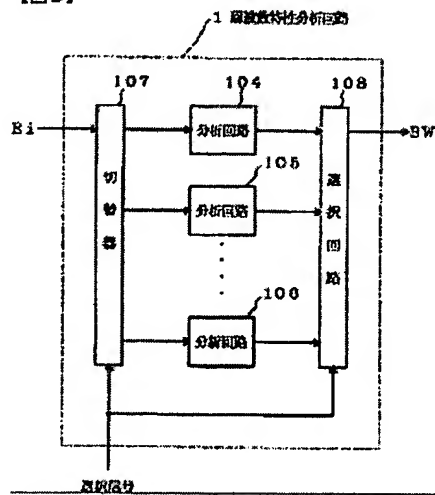
【図5】



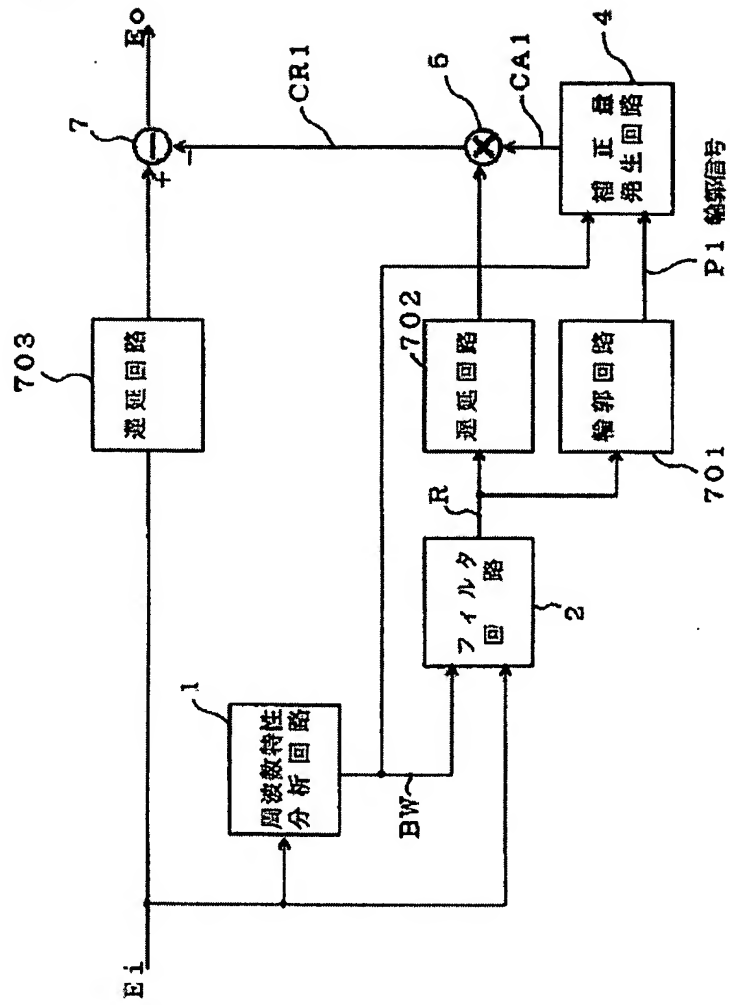
【図6】



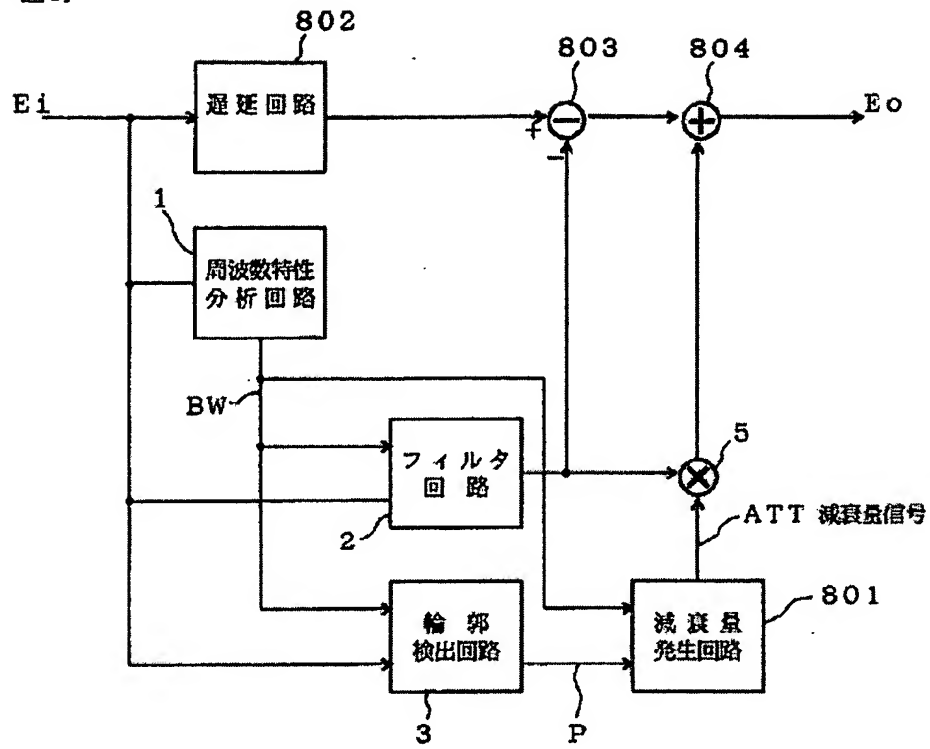
【図9】



【図7】



(図 8)



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☒ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.